

Odgojne znanosti
Vol. 8, br. 2, 2006, str. 535-549
Prethodno priopćenje

VREDNOVANJE UČINKOVITOSTI UČENJA FIZIKE PUTEM RAČUNALA ZA UČENIKE OSNOVNE ŠKOLE

Antonio Svedružić

Osnovna škola Ljudevita Gaja, Zaprešić

webmaster.tonci@fizika-gaj.com

Sažetak – U radu se pokušalo empirijski pokazati u kojoj mjeri online nastava pridonosi konceptualnom i općem razumijevanju fizikalnih pojmova u usporedbi s konstruktivističkom i tradicionalnom nastavom. Zbog toga je autor konstruirao i metrijski standardizirao konceptualni predtest i posttest kao i opći test znanja kojim je testiran prigodni uzorak ($N=90$) učenika 7. razreda osnovne škole.

Rezultati pokazuju da postoji statistički značajna razlika ($F=12.0$, $p<.01$) između online i tradicionalne nastave u konceptualnom razumijevanju temeljnih fizikalnih pojmova, kao i u općem testu znanja iz fizike ($t=5.92$, $p<.00$). Isto tako, računati faktor prirasta (g -faktor), koji izražava omjer apsolutnog prirasta rezultata na predtestu i ukupnoga mogućeg prirasta na predtestu, pokazao je srednje visoku vrijednost za online grupu ($g=0.42\pm0.20sd.$), dok je za tradicionalnu grupu iznimno nizak ($g=0.02\pm0.30sd.$). Online nastava dodatno je vrednovana anketnim upitnikom koji je pokazao pozitivan stav učenika prema svim oblicima online nastave.

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na potencijalno veću mogućnost implementacije online oblika poučavanja u nastavi fizike.

Ključne riječi: konceptualni test iz fizike, konstruktivistička nastava, računala, online nastava, test znanja iz fizike, tradicionalna nastava.

Uvod

Posljednjih 20 godina svjedoci smo dramatičnog razvoja novih tehnologija koje prodiru u našu svakodnevicu (Yeo i sur. 2004). Okruženje u kojem se kreću mladi pod utjecajem je novih medija kao što su internet i osobno računalo. U takvu se okruženju brojnim studijama u svijetu ispituju mogućnosti interneta, osobnog računala i ostalih elektroničkih medija kao

edukacijskih artefakata. I dok je svjetska publikacija bogata istraživanjima iz područja razvoja, primjene i evaluacije računala i računalnih ITP (Intelligent Tutoring Systems) sustava u obrazovanju, u nas je provedeno malo sustavnih istraživanja o vrednovanju učenja uz pomoć modernih elektroničkih tehnologija.

Danas se učenju koje se temelji na elektroničkoj tehnologiji, a čiji se sadržaji distribuiraju putem interneta, računala, CD-ROM-ova i ostalih elektroničkih medija, pridaje nova paradigma, tzv. *e-učenje* (eng. *e-learning*). Za potrebe ovog istraživanja iskorišteni su svi aspekti *e-učenja*, čime se pokušalo dijagnosticirati i vrednovati učenje fizike putem računala. Pritom su smjernice za računalno interaktivni oblik nastave utemeljene na pet osnovnih mogućnosti upotrebe računala: (1) računalno i *web* - dodatni izvori znanja, (2) računalno i *web* - urednici toka učenja, (3) računalno i *web* - medijatori u komunikaciji učenik - nastavnik, (4) računalno i *web* - multimedijски pristup, (5) računalno - laboratorijski instrument.

Na osnovi navedenih mogućnosti računala i *web*-a organizirana je asinkrona *online* nastava, pri čemu je komunikacija ostvarena uz pomoć *e-mail* alata. Osmišljene su *online* vježbe koje su isključivo distribuirane putem interneta, uzimajući pritom u obzir navedene mogućnosti upotrebe računala.

Prva i temeljna mogućnost računala i weba, koja do izražaja dolazi u *online* nastavi, jest pristup različitim izvorima znanja (Hammond, 2002). Za potrebe *online* nastave učenici su upozoreni na nekoliko obrazovnih portala na *webu* koji su kvalitetan izvor fizikalnih sadržaja. Jedan od takvih je portal škole (www.eskola.hr), koji se, doduše, rijetko "osvježuje", ali je izvor zanimljivih sadržaja i brojnih linkova, distribuiran je učenicima, te je postao njihov svojevrsan "favorites". Isto tako, samo za potrebe *online* nastave autor rada kreirao je *web* stranicu koja je služila kao link za ostale svjetske portale koji obrađuju fizikalne sadržaje. Te dvije stranice bile su temeljno ishodište svih fizikalnih sadržaja koji su pomno birani i dostavljani komunikacijskim procesorom učenicima.

Druga mogućnost korištenja računala u nastavi fizike jest upotreba računala i *web*-a kao urednika toka učenja. S tim je ciljem autor izradio vježbu za upravljanje učenju LMS (engl. learning management system) po uzoru na slične sustave na hrvatskom jeziku koje je razvila obrazovna ustanova Kartelo pod nazivom eK (Buljubašić i Kartelo, 2005). Osnova LMS aplikacije za proučavanje fizikalnih veličina načelno se temelji na interaktivnoj animaciji, nakon koje u pravilu slijedi niz sukcesivnih pitanja koja vode tok učenja. U vježbi koja je stvorena za potrebe ovog istraživanja interaktivna animacija dana je u obliku JAVA apleta koja omogućuje učeniku da animaciju izvodi *online* ili s tvrdog diska. Java apleti su programi koji se jednostavno pokreću s pomoću *web* preglednika: Microsoft Internet Explorera ili Netscapea. U potpunosti su interaktivni što omogućuje promjenu fizikalnih varijabli, a time i

uvjete virtualnih pokusa. Nakon izvođenja interaktivne animacije slijedio je niz isključivo konstruktivističkih pitanja kojima se konstruira znanje o nekoj fizikalnoj veličini ili pojavi, prihvaćajući pritom učeničke pretkonceptije.¹ Vrednovanje učenikova znanja nakon vježbe provjereno je kratkim testom višestrukog izbora uz komentar instruktora na svaki učenikov odgovor.

Treći pristup računalu i *webu* je primjena multimedije u *online* nastavi. U današnje vrijeme mnogi izdavači edukacijske i komercijalne informatičke literature svoja izdanja prate interaktivnim CD-ROM-om ili "host-related" *web*-stranicom (Saunders i Beichner, 2000). Takvi mediji i *web*-stranice odličan su izvor interaktivnih multimedijских programa i raznih edukacijskih *softwarea* koji se jednostavno instaliraju na PC i pridonose procesu učenja. Jedan od kvalitetnih računalnih programa namijenjen izvođenju različitih virtualnih pokusa iz područja fizike jest *freeware* aplikacija Pinter Virtual Lab (dostupna na www.pintermedia.com.) Iako je aplikacija jednostavna za korištenje i ne zahtijeva posebno informatičko predznanje, za potrebe ovog istraživanja nije mogla biti iskorištena jer zahtijeva fizikalno predznanje o osnovnim fizikalnim veličinama. Stoga je aplikacija *online* grupi dana samo kao izborni sadržaj, a kao zamjena iskorištena je multimedija u formi slika i filmova fizikalnog sadržaja koju su autori pomno odabrali (Clinch i Richards, 2002).

Računalo se u nastavi fizike može primijeniti i kao dio eksperimentalne postave ili kao alat za obradu podataka. Kada se primjenjuje kao dio eksperimentalne postave, dakle kao dio za mjerenje fizikalnih veličina, tada je nužna *hardware*-ska (A/D konverter, RS 232 port) i *software*-ska (npr. e-ProLab) podrška. S obzirom na to da se takav oblik rada ne izvodi *online*, u ovom je radu računalo upotrijebljeno isključivo kao sustav za analizu i obradu podataka. Svaka *online* vježba pisana je u formi laboratorijske vježbe u Word aplikaciji, a analiza rezultata (osnovne statističke veličine) kao i njihovo grafičko prikazivanje obrađeno je u aplikaciji Excel.

Ciljevi rada

1. Odrediti važnosti utjecaja *online* nastave na konceptualno razumijevanje temeljnih fizikalnih pojmova (iz mehanike), u usporedbi s tradicionalnim i konstruktivističkim nastavnim metodama.
2. Provjeriti utječe li interaktivna *online* nastava na rezultate testa znanja iz fizike u usporedbi s tradicionalnim i konstruktivističkim nastavnim metodama.

¹ Pretkonceptije (miskonceptije, intuitivne ideje) jesu učeničke ideje o fizikalnim pojavama ili veličinama koje su različite od znanstvenih spoznaja (Hammer, 1996).

Hipoteze

- H_0 – u konceptualnom razumijevanju fizikalnih pojmova ne postoje razlike između *online* grupe, konstruktivističke grupe i tradicionalne (kontrolne) grupe.
- H_1 – konstruktivistička i *online* grupa postižu statistički značajno bolje rezultate na testu konceptualnog razumijevanja fizikalnih pojmova u odnosu na tradicionalnu grupu.
- H_2 – konstruktivistička grupa postiže statistički značajno bolje rezultate na testu znanja iz fizike u usporedbi s tradicionalnom (kontrolnom) grupom.
- H_3 – online grupa postiže statistički značajno bolje rezultate na testu znanja iz fizike u usporedbi s kontrolnom grupom.

Metode

Skupina ispitanika

U istraživanje je uključen prigodni uzorak od 90 učenika sedmog razreda osnovne škole u Zaprešiću. *Online* grupu čini 25 učenika koji su uključeni u redovitu konstruktivističku nastavu fizike i izbornu nastavu informatike. Sudionici *online* grupe aktivno se služe office aplikacijama, internetom i internetskom komunikacijom. Konstruktivističku grupu čini reprezentativan uzorak od 30 učenika odabran principom slučajnog uzorka na 90 učenika koji participiraju konstruktivističku nastavu fizike. Tradicionalna grupa je kontrolna skupina izabrana metodom slučajnog uzorka, a čini je 30 učenika sedmog razreda koji sudjeluju u tradicionalnom obliku nastave.

Instrument

Za provjeru hipoteza korištena su tri testa. H_0 hipoteza provjerena je inicijalnim (predtest) testom koji mjeri konceptualno razumijevanje fizikalnih pojmova. Inicijalni test sastavljen je od čestica FCI (eng. Force Concept Inventory) testa (Halloun i Hestenes, 1985.) i čestica koje su konstruirali autori.

FCI test je metrički verificiran standard (Hestenes i sur. 1992.) koji ispituje konceptualno razumijevanje fizikalnih pojmova iz mehanike, odvajajući matematički formalizam od fizikalnih koncepata. Test je višestrukog izbora, a omogućuje ispitivanje učeničkog znanja bez upotrebe formula i računanja. Ponuđeni distraktori utemeljeni su na poznatim učeničkim pretkonceptijama. Budući da je FCI namijenjen ispitivanju pretkonceptija na studentima, za potrebe istraživanja inicijalni je test dodatno prilagođen učenicima osnovne škole. Tako prilagođenim česticama pridodane su čestice koje su konstruirale

li autori, pa je predtest u prvoj fazi imao 24 čestice. S ciljem evaluacije provjerene su njegove metrijske karakteristike na prigodnom uzorku ispitanika ($N=60$). Selekcija čestica izvršena je računanjem težinskog indeksa, diskriminacijskog indeksa i provjerom sadržajne valjanosti. Utvrđivanje pouzdanosti testa provedeno je mjerenjem unutarnje dosljednosti testa izražene preko Kuder-Richardsonova koeficijenta. *Item* analizom eliminirane su čestice loših metrijskih karakteristika, te je predtest u konačnom obliku imao 8 čestica.

Hipoteza H_1 provjerena je posttestom koji mjeri konceptualno razumijevanje fizikalnih pojmova. Posttest je konceptualno identičan predtestu, a česticama je promijenjena forma i oblik.

Hipoteze H_2 i H_3 provjerene su objektivnim testom znanja iz fizike. Test znanja u potpunosti su konstruirali autori. Čestice testa konstruirane su vodeći računa o dokimološkim standardima za stvaranje objektivnih testova iz fizike (Aubrecht II i Aubrecht, 1985.). Stvoren je test višestrukog izbora utemeljen na sugestijama autora (Hudson i Hudson, 1981.). S obzirom na to da test znanja nije standardiziran, s ciljem njegove evaluacije i normiranja provjerene su njegove metrijske karakteristike i norme. Izrađena je detaljna selekcija čestica testirana na težinski koeficijent, diskriminacijski indeks, Personov koeficijent korelacije između čestica i ukupnog rezultata i svake pojedine čestice. Kao pokazatelj pouzdanosti instrumenta računat je KR-20 i Cronbachov koeficijent.

Vrednovanje *online* nastave dodatno je provjereno anketnim upitnikom sastavljenim od čestica koje su konstruirali autori i čestica preuzetih iz literature (McVay Lynch, 2002). Upitnik je podjeljen na tri dijela. Prvi se dio odnosi na vrednovanje same *online* nastave, drugi dio na vrednovanje *online* zadaće (Nguyen i Kulm, 2005), a treći dio na vrednovanje *online* instruktora. Upitnik je sastavljen od 24 tvrdnje, a diferenciranje ispitanika provedeno je preko Likertove skale s pet vrijednosnih sudova (1 - potpuno se slažem, ..., 5 - potpuno se ne slažem).

Strategija analize podataka

Za provjeru nul-hipoteze primijenjen je nezavisan dvosmjerni t-test kako bi se provjerilo postoji li statistički značajna razlika između eksperimentalne (*online* i konstruktivistička grupa) i kontrolne skupine ispitanika (tradicionalna grupa). Hipoteza H_1 provjerena je postupkom jednosmjerne analize varijance (*ANOVA*). Kako bi se provjerila djelotvornost nastave za tri eksperimentalne grupe izračunat je g-faktor (faktor prirasta) (Hake, 1998.). Prema Hakeu g-faktor izražava omjer apsolutnog prirasta rezultata na inicijalnom (predtestu) i ukupnog mogućeg prirasta s obzirom na predtest rezultat:

$$\langle g \rangle \equiv \% \langle G \rangle / \% \langle G \rangle_{\max} = (\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle) (100 - \% \langle S_i \rangle)$$

gdje je $\langle S_f \rangle$ srednja vrijednost rezultata na inicijalnom testu (predtest), a $\langle S_i \rangle$ srednja vrijednost rezultata na posttestu. Hipoteze H_2 i H_3 provjerene su nezavisnim dvosmjernim t-testom, pri čemu su računate razlike između aritmetičkih sredina za male uzorke. Anketni upitnik za procjenu kvalitete *online* nastave analiziran je deskriptivnom statistikom. Za statističku i grafičku obradu podataka korišten je *software* Origin 7.0 i Microsoft Excel 2002.

Rezultati i rasprava

Provedeno testiranje H_0 -hipoteze t-testom pokazalo je da nema statistički značajne ($t = 0.58$, $p > 0.05$) razlike između *online*, konstruktivističke i tradicionalne (kontrolne) grupe u konceptualnom razumijevanju fizikalnih pojmova. Identifikacija pretkonceptija provedena je analizom frekvencija odgovora, čime je dodatno potkrijepljena činjenica o postojanju tipičnih učeničkih pretkonceptija koje se ne razlikuju za eksperimentalne grupe. Rezultati dobiveni analizom testova na pretkonceptije uspoređeni su s rezultatima dobivenim na FCI testu za jednu generaciju hrvatskih gimnazijalaca (Planinić, 2005). Grafička (ovisnost broja učenika o bodovnom razredu) usporedba rezultata prikazuje desno inklinirajuću krivulju gotovo identičnu za osnovnoškolce i gimnazijalce (slika 1.). Osnovnoškolci postižu nešto slabije rezultate na konceptualnom testu, što je posljedica kraćeg vremenskog intervala u kojem proučavaju fizikalne pojmove i zakonitosti. Zbog toga je infleksija krivulje za osnovnoškolce u nižem bodovnom razredu (.25-.30), dok je za gimnazijalce u nešto višem (.35-.45). Općenito, rezultati ukazuju na deficit u razumijevanju temeljnih fizikalnih pojmova i njihovu konceptualnom značenju, koje se jednako očituje u svim dobnim populacijama učenika.

Hipoteza H_1 provjerena je konceptualnim predtestom i posttestom. Za statističku obradu korištena je metoda analize varijance (*ANOVA*) kojom je utvrđena statistički značajna razlika ($F=12.0$, $p < .01$) u rezultatima postignutim na konceptualnom posttestu za tri eksperimentalne skupine (tablica 1.). Kako bi se utvrdilo postoji li napredak u konceptualnom razumijevanju fizikalnih pojmova izračunat je faktor prirasta (*g*-faktora). Prema Hake (1997) rezultati ukazuju na nizak faktor prirasta za tradicionalnu i konstruktivističku grupu ($g_{\text{trad.}} = 0.02 \pm 0.30 \text{sd.}$, $g_{\text{konstr.}} = 0.23 \pm 0.25 \text{sd.}$), te srednje visok za *online* grupu ($g_{\text{online}} = 0.42 \pm 0.20 \text{sd.}$) (slika 2.). Iznimno nizak *g*-faktor i velika standardna devijacija za tradicionalnu grupu ukazuju na velik udio učenika koji su postigli identičan rezultat na predtestu i posttestu, što dodatno potvrđuju pretpostavku o nedjelotvornosti tradicionalnih oblika nastave pri usvajanju fundamentalnih fizikalnih pojmova i njihovu konceptualnom razumijevanju.

Konstruktivistička grupa, iako niskog faktora prirasta, statistički se značajno razlikuje ($F=6.82$, $p < .01$) u prirastu u usporedbi s tradicionalnom grupom. To upućuje na zaključak o većoj djelotvornosti konstruktivističke na-

stave na razumijevanje temeljnih fizikalnih pojmova. *Online* grupa postiže značajno bolje rezultate na posttestu, na što ukazuje i srednje visok g-faktor kao i mala standardna devijacija u usporedbi s druge dvije grupe. Niska standardna devijacija ukazuje na konzistentnost g-faktora i njegova malog raspršenja oko centralne srednje vrijednosti, što znači da većina ($\approx 68\%$) rezultata ulazi u područje srednje visokog prirasta, dok su ostali rezultati ($\approx 32\%$) distribuirani u području niskog i visokog g-faktora. Dakle, gotovo 85% rezultata konceptualnog posttesta *online* grupe uključeno je u područje srednjeg i visokog g-faktora, što je respektabilan rezultat.

Za provjeru H_2 i H_3 hipoteze konstruiran je test znanja čije su metrijske karakteristike provjerene i komparirane s teorijskim vrijednostima. Provedena je selekcija čestica, a iznosi računatih koeficijenata i njihove idealne vrijednosti (Engelhardt i Beichner, 2004) prikazani su u tablici 2. Metrijske karakteristike testa pokazuju njegovu visoku pouzdanost ($\alpha=0.91$, KR-20; 0.95), kao i veliku diskriminativnu vrijednost zadataka ($\{\text{discrimination index}\}=0.77$). Sadržajna valjanost testa evaluirana je u okviru nastavnog programa, a ciljevi i sadržaj nastavnog programa u korelaciji su s testom. Računati parametri testa, težinski indeks i Personov koeficijent korelacije između čestica ($\{\text{difficulty index}\}=0.49$, $\{r_{\text{pearson}}\}=0.52$) upućuju na visoku valjanost testa znanja.

Testiranje hipoteze H_2 t-testom pokazalo je da postoji statistički značajna razlika ($t=2.05$, $p<.05$) u postignutim rezultatima na testu znanja iz fizike za konstruktivističku i tradicionalnu grupu (tablica 3.). Time je potvrđena činjenica, na koju ukazuju istraživanja drugih autora (Hake, 1997), o većoj učinkovitosti konstruktivističkih u odnosu na tradicionalne nastavne metode. Tako je Hake za 14 tradicionalnih i 48 interaktivnih grupa dobio faktor prirasta $\langle g \rangle_{T-ave} = 0.23 \pm 0.04(s.d.)$ i $\langle g \rangle_{IE-ave} = 0.48 \pm 0.14(s.d.)$.

Hipoteza H_3 provjerena je dvosmjernim t-testom koji je pokazao da postoji statistički značajna ($t=5.92$, $p<.00$) razlika između *online* i kontrolne grupe na rezultatima postignutim na testu znanja (tablica 4.). Rezultati ukazuju na iznimno visoku djelotvornost *online* nastave, kako u konceptualnom, tako i u općem znanju iz fizike. Zbog toga je dodatno provedena statistička obrada podataka s obzirom na dob učenika, kako bi se provjerila pretpostavka o jednakosti grupa u pogledu uspjeha iz fizike. Pritom se pokazalo da ne postoji statistički značajnija razlika u dotadašnjem općem uspjehu između učenika *online* i tradicionalne grupe ($t=1.89$, $p>.05$), iako *online* grupu čine učenici višeg prosjeka ocjene iz fizike ($M_{\text{online}}=4.59$, $M_{\text{trad.}}=4.18$). Kako ne postoji statistička značajna razlika u ocjenama između učenika *online* i učenika tradicionalne grupe evidentno je, s obzirom na rezultate testa, da *online* nastava značajno utječe na kvalitetu (pojemovno razumijevanje fizikalnih pojmova) i kvantitetu učeničkog znanja.

Vrednovanje *online* nastave provedeno anketnim upitnikom obrađeno je statistički, a rezultati su prikazani u tablici 5.

Dobiveni podaci za vrednovanje *online* nastave pokazuju pozitivan stav prema takvom obliku nastave. To dodatno potkrepljuje statistička činjenica koja pokazuje da se računata srednja vrijednost svih odgovora kreće u intervalu [1,2] na Likertovoj skali sudova. Isto tako, mala standardna devijacija dodatno ukazuje na to kako većina ($\approx 98\%$) ispitanika ima pozitivan stav prema *online* nastavi, kao i prema raznim oblicima *online* nastave.

Provedena analiza vrednovanja domaće zadaće u *online* obliku pokazuje pozitivan odnos prema pisanju zadaća (vježba) na računalu i njihovu brzom vrednovanju. Pokazuje se da učenici koji rade *online* zadaće rado primaju brze odgovore na riješene zadatke što im pomaže da odmah isprave svoje pogreške i bolje razumiju gradivo. Međutim, vrijeme pisanja *online* zadaće znatno je dulje u usporedbi s klasičnim zadaćama "olovka i papir", na što neposredno ukazuje statistika čestice 7. Za potrebe ovog istraživanja mjerenje je individualno vrijeme za pisanje jedne *online* zadaće. Računata je njegova srednja vrijednost koja iznosi $t = (86 \pm 18)$ min. Taj podatak pokazuje da je vrijeme pisanja *online* zadaće relativno dugo i da ga je potrebno skratiti. Dobiveni vremenski interval za izradu *online* zadaće možemo usporediti s istraživanjima drugih autora. Tako Yeo i sur. (2004) pokazuju da je srednje vrijeme utrošeno za razumijevanje samo jedne *online* interaktivne animacije od 10 do 22 minute.

Usporedimo li to s našim istraživanjem u kojem se učenici u jednoj *online* vježbi osim interaktivnim animacijama koriste i drugim oblicima rada na računalu, dobiveno vrijeme (86 min) i nije tako dugo.

Zaključci za praksu

Iz rezultata ovog istraživanja pokazalo se da oblik *online* nastave u korelaciji s konstruktivističkim nastavnim metodama daje statistički značajno bolje rezultate na konceptualnim i općim testovima iz fizike, u odnosu na klasičnu tradicionalnu nastavu. Iako su rezultati ovog istraživanja dobiveni na skromnom uzorku, pa bi se buduća istraživanja morala provesti na većoj grupi ispitanika ($\Sigma=90$), samo istraživanje ukazalo je na brojne prednosti i neke nedostatke *online* nastave. Temeljna prednost takva načina učenja i poučavanja jest izbor sadržaja. Internet, danas najveći virtualni laboratorij na svijetu, omogućuje pristup velikoj količini podataka i mogućnosti razmatranja mnogih primjera. Međutim, valja naglasiti da svi izvori na Internetu nisu pouzdani. Stoga je nužno stvoriti kritički stav prema ponuđenim informacijama. Zbog toga je u *online* nastavi važno ciljano distribuirati sadržaje dostupne na internetu kako bi se izbjegao "gubitak" vremena.

Druga je temeljna prednost *online* nastave različite metode i oblici učenja. Pokazalo se da interaktivne animacije i multimedije pridonose boljem konceptualnom shvaćanju fizikalnih pojmova. Međutim, prebrz razvoj tehnolo-

logija, neusklađenost raznih sistematskih programa, kognitivna zahtjevnost programa (Yeo i sur. 2004), kao i deficit interaktivne animacije i multimedija na hrvatskom jeziku, ukazuju na prepreke koje je potrebno savladati kako bi se animacije i multimedija uspješno primjenjivali u osnovnoškolskoj *online* nastavi.

Napokon, treća temeljna prednost odnosno nedostatak *online* nastave jest razina komunikacije između učenika i instruktora. Iako je komunikacija korištenjem *mail* procesora brza, na što ukazuju i akteri istraživanja, s metodičke strane izostaje mogućnost brze, poticajne i koordinirane rasprave.

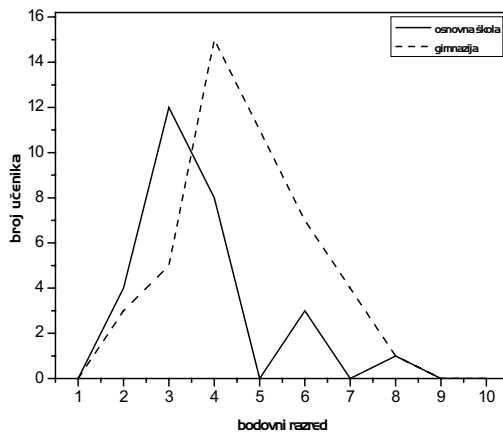
Rezultati ovog istraživanja, ali i istraživanja drugih autora (Cheng i sur. 2004), ukazuju na činjenicu da *online* nastava, uz primjenu konstruktivističkih metoda poučavanja, može značajno povećati, kako učeničko znanje fizike tako i razumijevanje temeljnih fizikalnih koncepata. Isto tako, istraživanje je pokazalo kako je moguće realizirati *online* nastavu fizike u osnovnoj školi, uzimajući pritom u obzir sve prednosti i nedostatke kao i posebnosti takva oblika nastave. Pitanje koje bi se u vezi s tim moglo postaviti: tko bi mogao realizirati *online* nastavu, ako je poznato da svega 4.7 % učitelja koristi računalnu tehnologiju u nastavi (Rijavec i Matijević, 1998), prelazi okvire ovoga rada.

LITERATURA

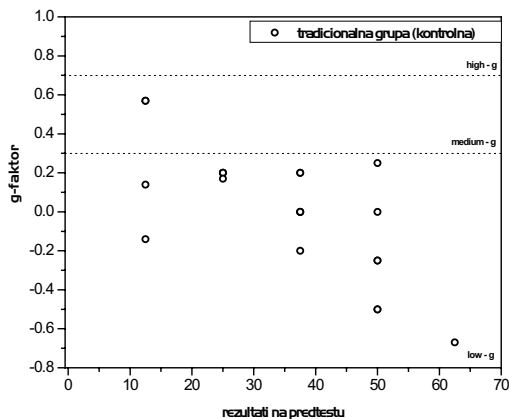
- Aubrecht, II., Aubrecht, J. G. (1983) *Constructing objective tests*. American Journal of Physics. 51(7): 613-620.
- Buljubašić, M., Kartelo, I. i Knežević, S. (2005) *Učenje na daljinu*. Zbornik Uloga modela i modeliranja u suvremenoj nastavi fizike. Split: HFD: 183-186.
- Chenge, K. K. i dr. (2004) *Using an online homework system enhances student's learning of physics concepts in an introductory physics course*. American Journal of Physics. 72(11): 1447-1453.
- Clinch, J., Richards, K. (2002) *How can the internet be used to enhance the teaching of physics*. Physics Education. 37(2): 109-114.
- Engelhardt, P. V., Beichner, R. J. (2004) *Students' understanding of direct current resistive electrical circuits*. American Journal of Physics. 72(1): 98-108.
- Hake, R. R. (1998) *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. American Journal of Physics. 66(1): 64-74.
- Halloun, I. A., Hestenes, D. (1985) *The initial knowledge state of college physics students*. American Journal of Physics. 53(11): 1043-1055.
- Hammer, D. (1996) *More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research*. American Journal of Physics. 64(10): 1316-1325.

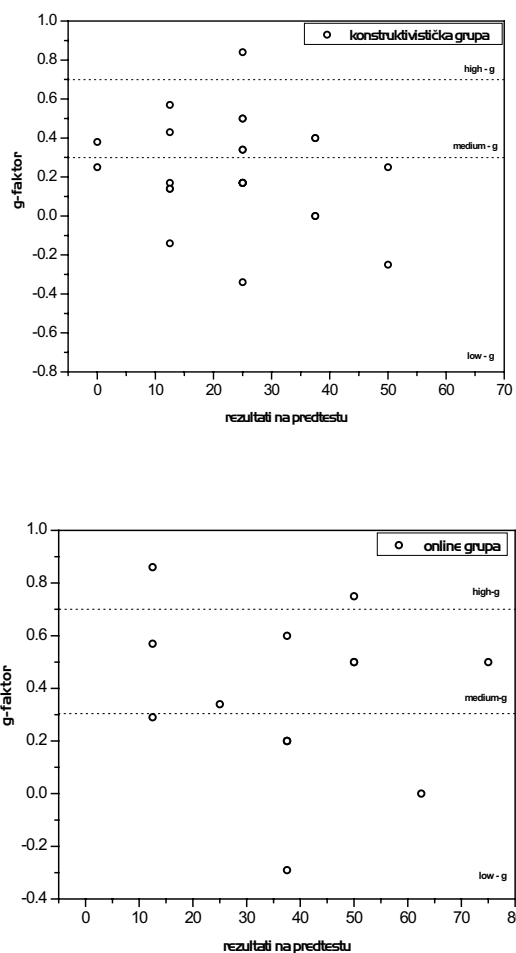
- Hammond, R. (2002) *Using the internet to teach physics*. Physics Education. 37(2): 115-117.
- Hestenes, D., Wells, M. i Swackhamer, G. (1992) *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher. 30: 141-158.
- Hudson, H. T., Hudson, C. K. (1981) *Suggestions on the construction of multiple-choice tests*. American Journal of Physics. 49(9): 838-841.
- Mazur, E., (1991) *Can we teach computers to teach?*. Computers in Physics. 5(1): 31-41.
- McVay Lynch, M. (2002) *The online educator; A guide to creating the virtual classroom*. London: Routledge Falmer.
- Nguyen, D. M., Kulm, G. (2005) *Using web-based practice to enhance mathematics learning and achievement*. Journal of Interactive Online Learning. 3(3). Dostupno (25.02.2006.) na: www.ncolr.org.
- Petz, B., (2004) *Osnovne statističke metode za nematematičare*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Planinić, M. (2005) *Najvažniji rezultati edukacijskih istraživanja u fizici*. Zbornik: Uloga modela i modeliranja u suvremenoj nastavi fizike. Split: HFD: 25-31.
- Rijavec, M., Matijević, M. (1998) *Obrazovanje za informacijsko društvo*. Zagreb: Akademija tehničkih znanosti hrvatske.
- Saunders, R., Beichner, R., (2000) *Physics for Scientists and Engineers*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Solomon, C. (1987) *Computer Environments for Children; A Reflection on Theories of Learning and Education*. London: The MIT Press.
- Yeo, S. i dr. (2004) *What do students really learn from interactive multimedia? A physics case study*. American Journal of Physics. 72(10): 1351-1358.

Tablice i grafički prikazi



Slika 1. Usporedba rezultata na konceptualnom testu za učenike osnovne škole i FCI testu za učenike gimnazija (konceptualni test za OŠ je prilagođena inačica FCI testa, stoga je moguća njihova komparacija).





Slika 2. Ovisnost g-faktora o rezultatima na predtestu konceptualnog razumijevanja fizikalnih pojmova za tri eksperimentalne grupe. Crtkani pravac [$g = 0.3$] jest granica između niskog i srednjeg g-faktora, a pravac [$g = 0.7$] je granica između srednjeg i visokog g-faktora.²

² Vrijednosti g-faktora kreću se u intervalu $[-1, 1]$. Visoki g-faktor; $g \geq 0.7$; srednji g-faktor; $0.7 > g \geq 0.3$; niski g-faktor; $g < 0.3$ (Hake, 1997).

Tablica 1. Jednosmjerna analiza varijance (*ANOVA*) rezultata na konceptualnom post-testu za tri eksperimentalne skupine.

	N	M	S.D.	F	P*
tradicionalna	30	38	12.2	12.0	3.1 ‰ 10-5
konstruktivistička	30	41.5	20.6		
online	25	61.5	20.7		

* $P < .01$

Tablica 2. Metrijske karakteristike testa.

Statistički indeksi	Idealna vrijednosti	Test znanja
{T.I.}*	$0.2 < \{T.I.\} < 0.8$	0.49
{D.I.**	$\{D.I.\} \geq 0.30$	0.77
{ rP.*** čestica	$r_p > 0.40^{ii}$	0.52
{ rP.} čestica i ukupni rezultat	$r_p > 0.40^{ii}$	0.66
KR-20	≥ 0.70	0.95
Cronbach α	≥ 0.80	0.91

*T.I.-težinski indeks; **D.I.-diskriminacijski indeks; *** r_p -Pearsonov koeficijent korelacije

ⁱPreuzeto iz (Engelhardt, Beichner, 2004), ⁱⁱ Preuzeto iz (Petz, 2004)

Tablica 3. Test razlike između aritmetičkih sredina za konstruktivističku i tradicionalnu grupu.

	M	S.D.	SE	t	P
konstruktivistička	11.64	7.35	1.39	2.05	0.04
tradicionalna	8.14	5.24	0.99		

Tablica 4. Test razlike između aritmetičkih sredina za online i tradicionalnu grupu.

	M	S.D.	SE	t	P
online	16.62	5.48	1.04	5.92	2.30 ‰ 10-7
Tradicionalna	8.14	5.24	0.99		

Tablica 5. Deskriptivna statistika za čestice anketnog upitnika (u tablici nisu navedene sve čestice upitnika)

	Čestica	M	S.D.
1.	Rado učim fiziku online (uz pomoć računala).	1.2	0.4
2.	Kombinacija tekstova, grafikona, JAVA interaktivnih apleta poboljšava moje učenje.	1.4	0.5
3.	Instrukcije u online nastavi su jednostavne.	1.4	0.5
4.	U mogućnosti sam biti efektivno u interakciji s instruktorom.	1.8	0.4
5.	Zadaje na računalu su interesantnije od klasičnih olovka i papir.	1.3	0.6
6.	Brzi odgovori instruktora pomažu mi da prepoznam svoje pogreške odmah.	1.3	0.6
7.	Vrijeme potrebno za izradu zadata na računalu znatno je kraće od klasičnog pisanja zadata.	2.5	1.1
8.	Računalno utemeljene zadaje daju mi više prilike za vježbu.	2.3	1.0
9.	Instruktor online nastavom daje priliku za razvoj mojih istraživačkih vještina.	1.2	0.5
10.	Instruktor zadacima potiče moj interes za fiziku i fizikalno mišljenje.	1.4	0.8

EVALUATING THE EFFICIENCY OF LEARNING PHYSICS ONLINE FOR ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS

Antonio Svedružić

Summary

This research paper attempts to empirically demonstrate to what extent online learning contributes to conceptual and general understanding of physical concepts in comparison with constructivist and traditional learning. For this purpose, the author constructed and metrically standardised a conceptual pre-test and post-test, as well as a general knowledge test, which were used on a relevant sample ($N=90$) of students in the 7th grade of elementary school.

The results show that there is a statistically significant difference ($F=12.0$, $p<.01$) between online and traditional learning in the conceptual understanding of fundamental physical concepts, as well as in the general test of knowledge of physics ($t=5.92$, $p<.00$). Similarly, the calculated g-factor which expresses the ratio of absolute growth of results in the pre-test and the total possible growth in the pre-test indicates a medium high value for the online group ($g=0.42\pm0.20sd.$), whereas for the traditional group it is extremely low ($g=0.02\pm0.30sd.$). Online learning was additionally evaluated by means of a questionnaire which showed the positive attitude of students toward all forms of online learning.

The results of this research show the higher potential for the implementation of online forms of teaching in the learning of physics.

Key words: conceptual test of physics, constructivist learning, computers, online learning, test of knowledge in physics, traditional learning.